DSD & PCM　24bit/192kHz 対応
USB-DDC ハイエンド Kit

REX-K24192DSDU

ユーザーズマニュアル　ハードウェア編

2014 年 2 月　第 1.1 版

ラトックシステム株式会社

目次

安全にご使用いただくために

本製品は安全に十分配慮して設計をおこなっていますが、誤った使い方をすると火災や感電などの事故につながり大変危険です。ご使用の際は、警告 / 注意事項を必ず守ってください。

この取扱説明書は、次のような表示をしています。表示の内容をよく理解してから本文をお読みください。

⚠警告

この表示を無視して誤った取扱いをすると､火災や感電などにより､人が死亡または重傷を負う可能性がある内容を示しています。

●製品の分解や改造などは、自己責任でおこなってください。

●無理に曲げる、落とす、傷つける、上に重い物を載せることはおこなわないでください。

●製品が水・薬品・油などの液体によって濡れた場合、ショートによる火災や感電の恐れがあるため使用しないでください。

⚠注意

この表示を無視して誤った取扱いをすると、感電やその他の事故により、人が負傷または物的損害が発生する可能性がある内容を示しています。

●本製品は電子機器ですので、静電気を与えないでください。

●ラジオやテレビの近く､モーターなどのノイズが発生する機器の近くでは誤動作することがあります。必ず離してご使用ください。

●高温多湿の場所、温度差の激しい場所、チリやほこりの多い場所、振動や衝撃の加わる場所、スピーカー等の磁気を帯びた物の近くで保管、使用しないでください。

●煙が出たり異臭がする場合は、直ちに電池を本体から抜いてください。

●本製品は、医療機器、原子力機器、航空宇宙機器、輸送機器など人命に関わる設備や機器、及び高度な信頼性を必要とする設備や機器での使用は意図されておりません。これらの設備、機器制御システムに本製品を使用し、本製品の故障により人身事故 / 火災事故 / その他の障害が発生した場合、いかなる責任も負いかねます。

●取り付け時、鋭い部分で手を切らないよう、十分注意して作業をおこなってください。

●配線を誤ったことによる損失、逸失利益等が発生した場合でも、いかなる責任も負いかねます。

1 はじめに

REX-K24192DSDU(DAIF_HA2) 基板 Kit は RAL-DSDHA2 の USB インターフェイス基板にファームウェアを書き込だ基板 Kit です。D/A コンバーターやアナログフィルターを自作されるオーディオマニアを対象として「最先端のデジタルオーディオを自作オーディオで楽しんでいただく」ことを目的としています。本 Kit に含まれている基板および書き込まれているファームウェアは DAC 制御部分を除いて RAL-DSDHA2 搭載ファームウェアと同一であり、品質と動作の安定性に定評があるものです。本 Kit の基板に DC+5V 電源を供給し、Windows PC あるいは Mac に USB ケーブルで接続するだけで 24bit/192kHz までの PCM 音源に対応する I2S 信号や DSD64 信号 (SACD と同じ 2.8224MHz サンプリング) を本基板より取り出すことができます。

注 1）Windows PC は最初に USB Audio Class 2 Driver のインストールが必要です。

注 2）Windows PC は Windows 8/7/Vista/XP(32 ビット・64 ビット両対応) をご使用ください。Mac は Mac OS X10.7 以降をご使用ください。また Windows PC や Mac 側には、iTunes や foobar 2000 などの音楽再生ソフトウェア、Download 販売で購入もしくは CD をリッピングして作成した音楽ソースが必要です。詳しくはユーザーズマニュアル・ソフトウェア編をご参照ください。

REX-K24192DSDU 基板 kit の特徴は

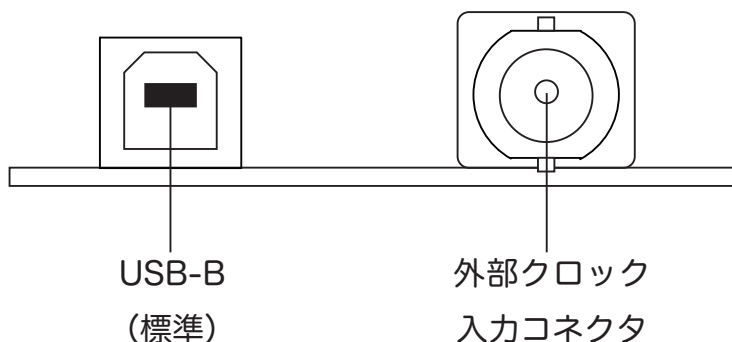
1. RAL-DSDHA2 で実績のある安定したハードウェアとファームウェアを自作の D/A コンバーターに組み込んで使用することができます。
2. USB Audio Class 2, High-Speed(480Mbps) に対応し、24bit/192kHz までの L-PCM 音源の再生に対応しています。また 24bit/16bit・192kHz/176.4kHz/96kHz/88.2kHz/48kHz44.1kHz フォーマットの PCM データを再生することができます。
3. PCM フォーマットだけでなく、DoP(DSD over PCM) フォーマットに対応しているため、DSD64 (2.88MHz、SACD 相当) 音源のダイレクト再生をおこなうことができます。
4. 標準ファームウェア (書き込み済) には下記の機能が含まれています。
   ① USB Audio Class 2 に対応した USB オーディオデバイスとして動作し、USB Audio Stream を I2S (PCM) や DSD 信号に変換します。
   ②サンプリング周波数や、DSD モード表示などの LED 制御信号を出力することができます。簡単なドライブ回路と LED を追加することにより、サンプリング周波数の表示 LED 部を自作することができます。
   ③ DAC として別売の REX-K24192DSDU 用 DA コンバーター KIT REX-K1792DA1 を接続した場合、標準ファームウェアにより PCM/DSD の動作モード切替、サンプリング周波数に応じたオーバーサンプリング定数の切り替え、ソフトウェアリセット、ゲイン設定、フィルタ設定などを SPI(CN6) 経由で制御することができます。PCM1794 などのソフトウェア制御機能を持たない DAC と接続する場合は、SPI コネクタ (CN6) を使用せずに DAC 周辺のハードウェアにより制御することもできます。
   ④ I2C(CN5) 経由で Volume コントロールの位置情報を読み出し、プログラマブルゲインアンプ PGA2320 を SPI(CN6、SPI_CS1) 経由で制御することにより、電子 Volume 機能を組み込むことができます。PGA2320 と接続する場合は電圧レベル (PGA2320 は 5V、本基板の SPI 端子は 3.3V) を変換する必要があります。
   ⑤ルビジウムクロックなどの外部クロック接続用の入力端子 (10MHz, 0.5Vp-p,Sine 波) を備えています。本基板の標準ファームウェアは Cold-Start(Power ON による起動) 時、本 BNC 端子への入力を検出すると外部クロック入力を基準として使用するように設定をおこないます。入力がない場合は基板上の 10MHz の水晶発振モジュールを基準として使用します。
5. 本基板は USB-Logo Compliance Guide Line [High-Speed(480Mbps)]　に準拠し、4 層基板の採用、インピーダンスコントロールを行った基板パターン、外部静電気対策や EMI(不要電磁波輻射) 対策などを実施し、DAC 以降のアナログ回路に悪影響を与えないよう設計されています。

2 基板（ハードウェア）仕様

2-1. 基板の仕様

型番		REX-K24192DSDU(Kit 名称)、DAIF_HA2(基板名称)
内容		DSD & PCM 24bit/192kHz 対応 USB-DDC ハイエンド Kit
入力	入力端子	USB-B(標準)、BNC 端子 (外部クロック入力)
	対応パソコン	USB 2.0(High speed, 480Mbps) ポートを持つ Windows PC、または Mac
	対応 OS	Windows 8/7/Vista/XP (32 ビット／ 64 ビット両対応)　Mac OS X 10.7 以降
	対応オーディオ入力フォーマット	USB Audio Class 2.0 準拠 L-PCM 24bit/16bit・192kHz/176.4kHz/96kHz/88.2kHz/48kHz/44.1kHz DSD(DoP Standard 1.1 準拠 2.8224MHz)
	外部クロック入力	ルビジウムクロック標準　10MHz/0.5Vrms(50Ω)
出力	オーディオ出力フォーマット	L-PCM(I2S 192kHz/176.4kHz/96kHz/88.2kHz/48kHz/44.1kHz) DSD64
	オーディオ出力レベル	3.3V LVTTL
電源電圧		DC +5V 標準　動作可能電圧 (DC + 3.7V ～ 6.2V) +6.2V を超えると基板上の保護回路が動作します。
消費電流		180mA/5V
動作環境		周囲温度　0 ～ 55℃、湿度 20%～ 80% (ただし結露しないこと)
外形寸法		100mm x 65 mm x 1.6mm
重量		46g
Kit 内容物		DAIF_HA2 基板 (ファームウェア書込み済) Windows 用 USB Audio Class 2 Driver CD-ROM、 REX-K24192DSDU ユーザーズマニュアル　ハードウェア編 / ソフトウェア編

注)　基板取付ピッチは 90 x 55 mm、ビスは 3M を使用してください。シャーシ (Frame GND) と基板上の Digital GND を電気的に接続する場合は GND タブを折り曲げてビスで共締めしてください。(タブは折れやすいので何度も屈曲を繰り返さないでください。)

2 -2. 接続コネクタの名称 / 信号配列

DAIF_DSD2 には Windows PC/Mac と接続するための USB-B コネクタ、外部クロック (ルビジウムクロック) を接続するための BNC コネクタとは別に、DAC などと接続するための信号出力が用意されています。各信号への接続は、機器内部接続用のコネクタ (JST XH もしくは PH タイプ) を介しておこないます。

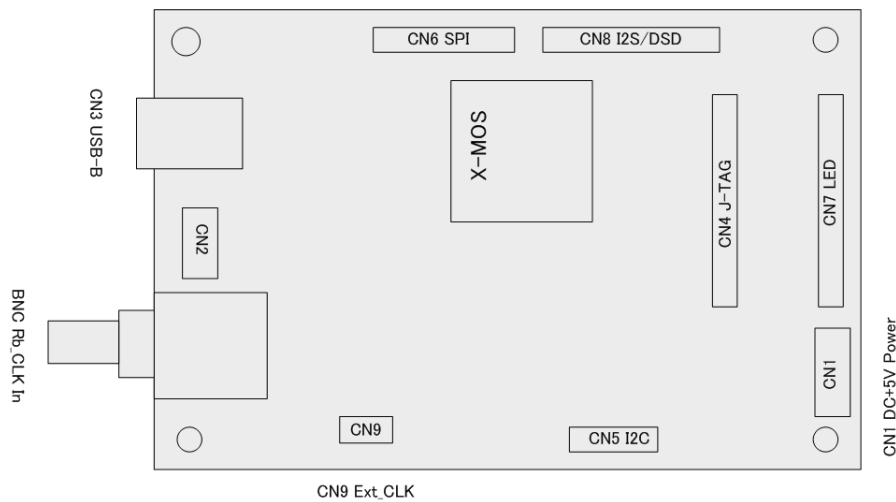
JST(日本圧着端子製造) の XH、PH コネクタシリーズについては下記の URL をご参照ください。

PH シリーズ：　http://www.jst-mfg.com/product/detail.php?series=199

XH シリーズ：　http://www.jst-mfg.com/product/detail.php?series=277

各コネクタの配置は下図 (図 –1) をご参照ください。

図 -1　コネクタ配置図

2 -2-1. CN1 電源コネクタ

本基板に電源を供給するためのコネクタです。

コネクタタイプ：JST B4B_XH　XH シリーズの 4P ハウジング (XHP-4) に適合します。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	DC IN	IN	DC+3.7V to 6.2V	DC 電源入力。+6.2V 以下
2	GND	-	GND	
3	GND	-	GND	
4	SHDN_N	IN	0V to 0.2V	10k Ω で DCIN に Pull up 済。 0V(GND) と短絡でレギュレータ出力 (DC+3.3V) が OFF になる。

Shut Down(基板上の電源 OFF) 機能を使用しない場合は Pin No.4 を N.C.(何も接続しない) としてください。

2-2-2.　CN2　USB Bus_Power 取出しコネクタ

基板検査時などに USB Bus_Power から電源を取得するためのコネクタです。コネクタタイプ：JST B3B_XH　XH シリーズの 3P ハウジング (XHP-3) に適合します。通常は未使用 (USB Bus_Power を使用しない) となります。CN1 に接続する DC +5V の電源が用意できず、本基板を USB Bus-Power で動作させせる場合は、本コネクタ (CN2) の Pin No.3(逆流防止ダイオード入り) と CN1 の Pin No.1、本コネクタの Pin No.2(GND) と CN1 の Pin No.2(GND) をそれぞれ接続し、EMI(ノイズ輻射) 軽減のために撚り合わせておいてください。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	USB Bus_Power	Out	DC +5V	USB Bus_Power(USB Host) 電源出力。
2	GND	-	-	GND
3	USB Bus_Power	Out	DC+5V-Vf	逆流防止 Shotkey Barrier ダイオード経由の Bus_Power 出力。

2-2-3. CN3 USB-B ホスト（PC) 接続用コネクタ

Windows PC/Mac と USB ケーブルで接続するための USB-B タイプ (デバイス側) コネクタです。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Bus_Power	In	DC +5V	Host からの Bus_Power 供給入力。500mA 以下
2	DM	Out/In	3.3V LVTTL	USB データ信号マイナス側
3	DP	Out/In	3.3V LVTTL	USB データ信号プラス側
4	S.GND	-		USB Bus 信号 GND および Bus_Power のリターン信号

2-2-4. CN4 J-TAG 信号コネクタ

ファームウェア書込み、debug、Trace 用の J-TAG アダプタを接続するためのコネクタです。通常は使用しませんので、何も接続せず OPEN にしておきます。コネクタタイプ：JST B4B_XH　XH シリーズの 4P ハウジング (XHP-4) に適合します。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	TRST_N	In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
2	GND	-	-	
3	TMS	In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
4	GND	-	-	
5	TCK	Out/In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
6	GND	-	-	
7	TDI	In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
8	GND	-	-	
9	TDO	Out	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
10	GND	-	-	
11	DEBUG	In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号
12	RST_N	In	3.3V LVTTL	J-TAG 信号

2-2-5. CN5　I2C 制御信号コネクタ

本基板上の X-MOS MPU が I2C ホストとして動作する場合の I2C 信号の入出力コネクタです。コネクタタイプ：JST B4B_PH　PH シリーズの 4P ハウジング (PHR-4) に適合します。標準ファームウェアでは I2C_Bus は基板上の CS2300(Clock Generator) の制御以外に本コネクタを経由して、外部の A/D コンバーター (ADC081C027) を制御しています。ADC は I2C スレイブとして動作し、Volume の回転角に対応した抵抗分圧値を読み出し、電子 Volume(PGA2320) のゲイン設定値の算出に利用されています。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Vcc3.3V	Out	DC +3.3V	外部 I2C 回路供給用 DC+3.3V 出力。
2	I2C_CLK	Out	3.3V LVTTL/OD	I2C Clock 信号。
3	I2C_SDA	Out/IN	3.3V LVTTL/OD	I2C Data 信号。双方向。
4	GND	-		GND

2-2-6. CN6 SPI 制御信号コネクタ

本基板上の X-MOS MPU が SPI ホストとして動作する場合の I2C 信号の入出力コネクタです。コネクタタイプ：JST B6B_PH　PH シリーズの 6P ハウジング (PHR-6) に適合します。標準ファームウェアでは DAC(WM8741/WM8742) の動作モード (PCM/DSD) 設定、Ofs(オーバーサンプリングレート) の切り替え、フィルターの設定、PGA2320 のゲイン設定 (電子 Volume) の制御に使用しています。SPI スレイブデバイスからのデータ入力 MISO は使用しないため、また Isolation が複雑になるため本コネクタには配線されていません。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Vcc3.3V	Out	DC +3.3V	Isolator IC　電源供給用 DC+3.3V 出力。
2	SPI_CLK	Out	3.3V LVTTL	SPI　Clock 信号。
3	SPI_MOSI	Out	3.3V LVTTL	SPI　Data 信号。 本基板 (マスタ) より外部回路への信号出力。
4	SPI_CS0	Out	3.3V LVTTL	SPI デバイス選択信号 #0。
5	SPI_CS1	Out	3.3V LVTTL	SPI デバイス選択信号 #1。
6	GND	-		

-2-7. CN7 サンプリング周波数表示 LED 制御信号コネクタ

基板上の X-MOS MPU の GPO 出力信号を利用するためのコネクタです。コネクタタイプ：JST B12B_PH PH シリーズの 12P ハウジング (PHR-12) に適合します。標準ファームウェアでは、L-PCM Audio Stream のサンプリング周波数インジケータおよび DSD モードや USB Audio Stream の検出などのインジケータ ON-OFF 信号の出力ポートとして本コネクタに信号を割り当てています。実際の使用にあたっては 14 ページ 6 図 -6 をご参照ください。

また、過大な電流を流出させたり、3.3V 以上の電圧を加えると本基板上のデバイス、X-MOS MPU を壊すことにつながりますのでご注意ください。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Vcc3.3V	Out	DC +3.3V	Pull up, Driver IC 電源供給用 DC+3.3V 出力
2	USB_CNFG	Out	3.3V LVTTL	PC から USB Audio Data Stream が送られてきたことを検出すると ON(“H”)
3	Rb_mode	Out	3.3V LVTTL	外部クロック入力を検出し、外部クロックを基準に動作している場合に ON(“H”)
4	DSD_mode	Out	3.3V LVTTL	DoP 方式のマーカを検出し、DSD ダイレクト再生モード時に ON(“H”)。DSD_SEL と同一
5	PCM_44.1k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、44.1kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
6	PCM_48k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、48kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
7	PCM_88.2k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、88.2kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
8	PCM_96k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、96kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
9	PCM_176.4k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、176.4kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
10	RY_DRV	Out	3.3V LVTTL	Line Out 出力などの電源 _ON/OFF 時のポップ音ミューティング用リレー駆動回路制御信号
11	PCM_192k	Out	3.3V LVTTL	PCM モード時、192kHz のサンプリング周波数を検出すると ON(“H”)
12	GND	-		

注)RY_DRV 信号で直接リレーを駆動することはできません。

2 -2-8. CN8 Digital Audio 信号コネクタ

本基板上で標準ファームウェアにより USB Audio Stream から生成された Digital Audio Stream の出力コネクタです。コネクタタイプ：JST B9B_PH　PH シリーズの 9P ハウジング (PHR-9) に適合します。USB 経由で送られてきた Digital Audio Stream が L-PCM(I2S) 信号もしくは DSD 信号に変換されて出力されます。DSD 信号を出力中であることを示す DSD_SEL 信号も出力されるため、本基板外部で DAC やフィルターの切り替えや L-PCM 用の DAC と DSD 用の DAC(アナログフィルターのみ) の切り替えに利用することができます。実際の使用にあたっては 11 ページ 4 Digital Audio 信号（I2S/DSD）の取り出しをご参照ください。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Isolator Vcc	Out	DC+3.3V	Isolator IC　電源供給用 DC+3.3V 出力
2	N.C.	-	Open	
3	I2S_MCLK/MCLK	Out	3.3V LVTTL	DSD_SEL が “L” の場合は I2S モード、DSD_SEL が “H” の場合は DSD モード (/ の右側)
4	I2S_LRCLK/DSD_L	Out	3.3V LVTTL	DSD_SEL が “L” の場合は I2S モード、DSD_SEL が “H” の場合は DSD モード (/ の右側)
5	I2S_BCK/DSD64CLK	Out	3.3V LVTTL	DSD_SEL が “L” の場合は I2S モード、DSD_SEL が “H” の場合は DSD モード (/ の右側)
6	I2S_DATA/DSD_R	Out	3.3V LVTTL	DSD_SEL が “L” の場合は I2S モード、DSD_SEL が “H” の場合は DSD モード (/ の右側)
7	DSD_SEL	Out	3.3V LVTTL	“L” で I2S モード、“H” で DSD モードを示す
8	Reserved	Out	3.3V LVTTL	何も接続しないこと
9	GND	-		

2 -2-9. CN9 外部クロック入力コネクタ

BNC コネクタから入力される外部クロックとは別のクロックソース (3.3V LVTTL) に切り替えるためのコネクタです。コネクタタイプ：JST B3B_PH PH シリーズの 3P ハウジング (PHR-3) に適合します。通常使用時は Pin No.1、2 を短絡しておきます。短絡用のハウジング、ケーブルは添付されていませんので、外部クロック入力を有効にする場合はケーブルを作成してください。

Pin No.	信号名	方向	Level	Comment
1	Ext_Clock_Out	Out	3.3V LVTTL	外部 Clock（Rb。BNC 端子）からの Sin 波を 3.3VLVTTL の方形波に変換した出力。
2	Ext_Clock_In	In	3.3V LVTTL	3.3V LVTTL レベルの方形波入力。
3	GND	-		

3 電源の供給

DAIF_DSD2 を動作させるためには DC+3.7V から 6.2V(標準は DC+5V) の電源を CN1 経由で供給する必要があります。供給する電源はリップルや変動が少ないものであることが必要です。最大消費電流は 180mA 以下ですが、余裕のある回路より供給することが必要です。
電源として電池を使用する場合、新しいアルカリ電池 (1.5V)4 本を直列に接続すると、6.2V を超えることがありますので注意してください。6.2V を超えると本基板上のツェナーダイオード D1(RD6.2FM) が動作し、レギュレーター保護のために電池に過大な電流が流れますので発熱などに注意してください。充電電池を使用される場合は、ニッケル水素電池 (eneloop など 1.2V 単位) を 4 本直列にするか、各社から発売されている充電式の携帯電話用バッテリー (USB ポートで 5V 出力) を使用してください。USB Host から供給される USB Bus_Power を使用する場合は、7 ページ 2 -2-2. を参照してケーブルを作成してください。

4 Digital Audio 信号 (I2S/DSD) の取り出し

L-PCM(I2S)、DSD などの Digital Audio 信号は、本基板上の CN8 コネクタ (2 -2-8 参照) から取り出すことができます。I2S 信号と DSD 信号は同じ端子を共有していますが、Pin No.7 に出力されている DSD_SEL 信号で判別することができます。DSD_SEL 信号が “H”(2.4V 以上) レベルの場合は DSD 信号が有効であることを示し、“L”(0.6V 以下) の場合は I2S(L-PCM) であることを示します。

DAC として REX-K1792DA1 を使用する場合は、12 ページ図 -2 を参考に本基板の CN6(SPI)、CN8(I2S,DSD) と REX-K1792DA1 の CN1(I2S/DSD 入力)、CN2(SPI 入力) を接続してください。標準ファームウェアが DSD64(DoP) を検出すると、SPI 経由で DAC(PCM1792A) の動作モードの切り替えを実行します。なお、標準ファームウェアでは DSD 切替時に大きなポップ音が発生しないよう処理をおこなっていますので、リレーなどをカチャカチャと動作させる必要はありません。

DAC として TI 製 PCM1794 を使用する場合の接続例を 12 ページ図 -3 に示します。PCM1794 は I2C や SPI によるソフトウェア設定ではなく、すべて DAC 周辺回路のハードウェアで設定をおこないます。したがって、I2S 入力の fs(サンプリング周波数) と MCLK(マスタークロック) との関係が自動判別されるためソフトウェアによる Over Sampling 係数やフィルターの定数の切り替えは不要となり、SPI や I2C は使用する必要はありません。DSD モード時に PCM1794 が誤動作してノイズを出さないように DSD_SEL 信号を PCM1794 の MUTE 入力に接続しておきます。

PCM1794 は DSD 入力に対応していませんので、本基板の DSD 出力を直接アナログフィルターに接続するという方法を 12 ページ図 -4 に紹介しておきます。DSD_SEL=“H” の DSD モード時にトランスによるバランス型 DA 変換回路 (基本的なアイデアは「ラジオ技術」2001 年 7 月号の青木秀男氏による) を簡略化したものを参考として示しておきます。この場合も DSD 切替時の大きなポップ音は標準ファームウェアで処理をおこないますので発生しません。

図 -2　REX-K1792DA1 を使用する場合

REX-K24192DSDU
CN8
Vdd 3.3V
I2SMCLK/MCLK
I2SLRCLK/DSD_L
I2S_BCK/DSD64CLK
I2S_DATA/DSD_R
DSD_SEL
GND
B9B-PH-K-S
REX-K1972DA1
CN1
B9B-PH-K-S
R2 33
R3 33
R4 33
R5 33
BP3 0.1uF
BP4 0.1uF
U1
VDD1 VDD2
GND1 GND2
A1 B1
A2 B2
A3 B3
A4 B4
NC EN2
GND1 GND2
SI8440BA
DVDD_33
GND
ENC1
RD1 27
RD2 27
RD3 27
RD4 27
PCM SCK
PCM LRCK
PCM BCK
PCM DATA
SPI MC
SPI MOSI
SPI CS0
U2
BP6 0.1uF
BP7 0.1uF
DSD-L
DSD64CK
DSD-R
ENC2
SI8440BA
DSD-SEL
CN6
CN2
Vdd 3.3V
SPI_CLK
SPI_MOSI
SPI_CS0
GND
B8B-PH-K-S
R8 4.7K
R9 4.7K
R10 4.7K
BP8 0.1uF
U3
BP9 0.1uF
SI8440BA
R11 10K
U16
A Y
NC VCC GND
SN74LVC1G04DBV
BP10 0.1uF

図 -3　RCM1794 と接続する場合

図 -4　DSD 出力を直接アナログフィルターに接続する場合

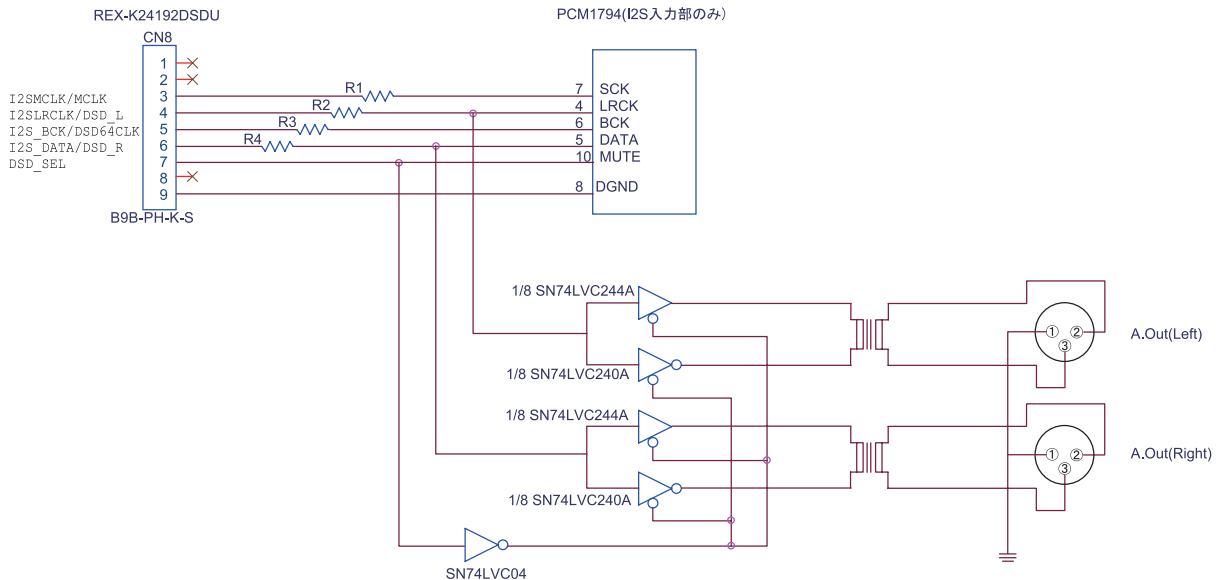
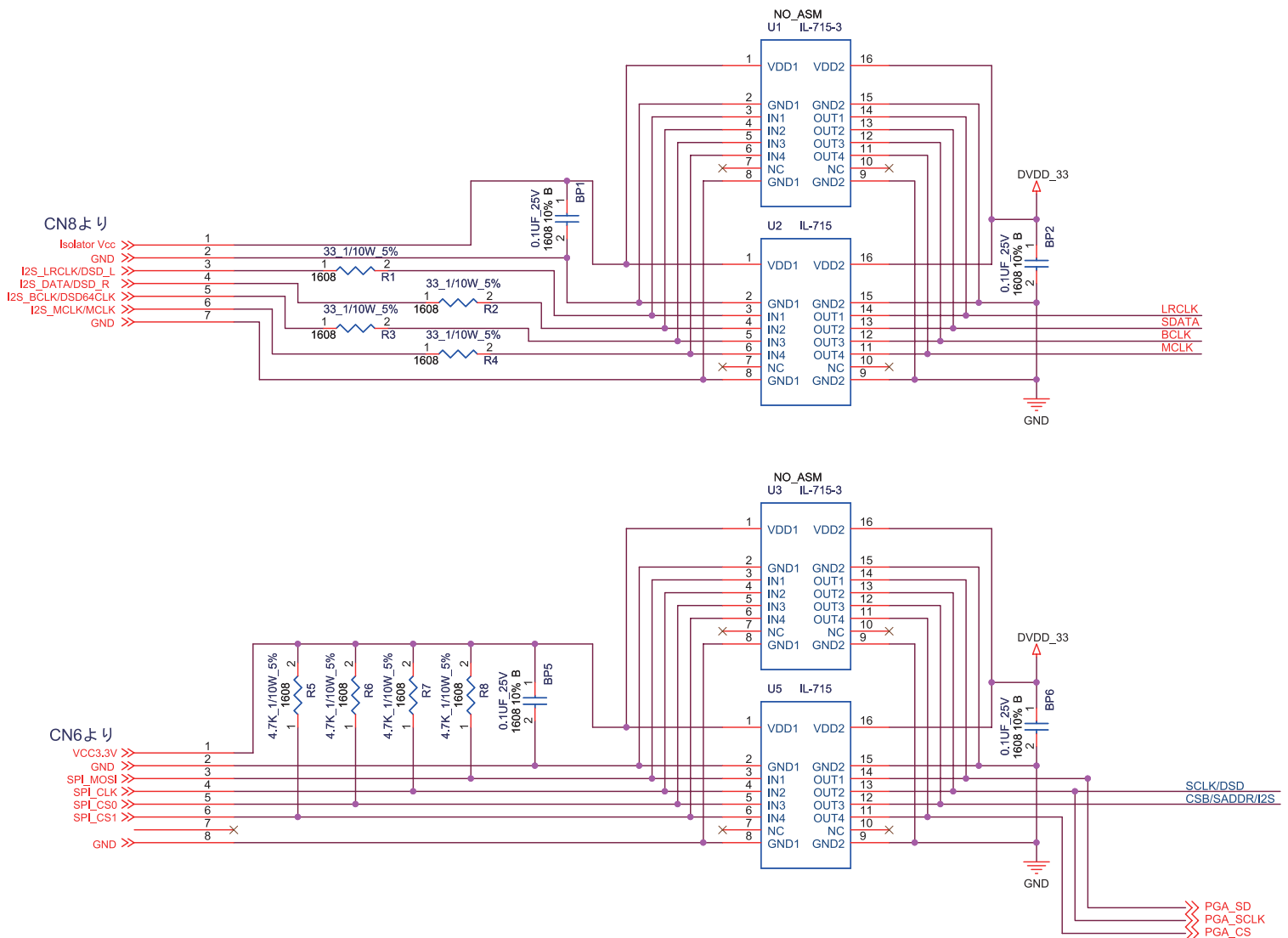
5 本基板 (PC/USB) と DAC アナログ部のアイソレーションをおこなう場合

USB ケーブル経由で Windows PC/Mac の Digital GND と接続されることによるノイズの混入が懸念される場合は、図 -5 のように Digital Isolator(IL-715、Si8440B) を使用して電源と GND を分離することができます。この場合は完全に独立した (分離された) 電源回路から本基板の電源を供給してください。また、本基板の基板取付穴の金属タブを共締めすることにより本基板の DGND がシャーシ (フレーム)GND に接続され、ノイズや EMI(不要輻射) が減少する効果があります。シャーシ GND への接続は実機で残留ノイズなどを確認しながら、最も効果のある方法を採用してください。

図 -5　本基板と DAC アナログ部のアイソレーション

6 サンプリングレートインジケーター (LED) を追加するには

DAIF_DSD2 は下記のインジケータ LED 用の制御信号出力を持っています。9 ページ 2 -2-7. の表をご参照ください。各出力信号は X-MOS LS-1 MPU の端子に直結されているため 3.3V LVTTL レベル、最大入出力電流は 4mA です。LED を駆動する場合は各端子あたり 4mA 以下に抑えるか、LED ドライバー素子を使用してください。LED 表示回路例は図 -6 です。

①サンプリングレート表示

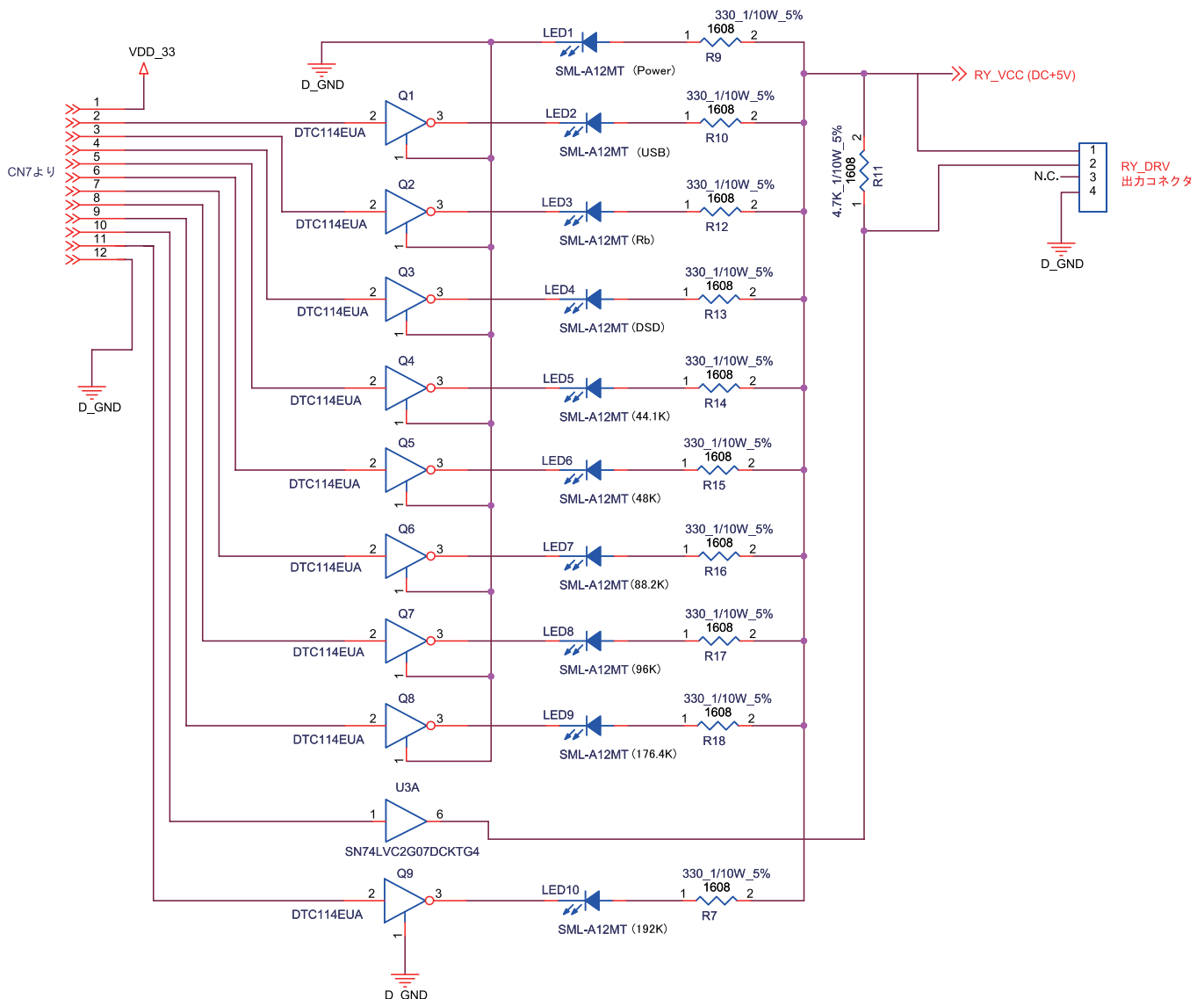
44.1kHz/48kHz/88.2kHz/96kHz/176.4kHz/192kHz

②モード表示

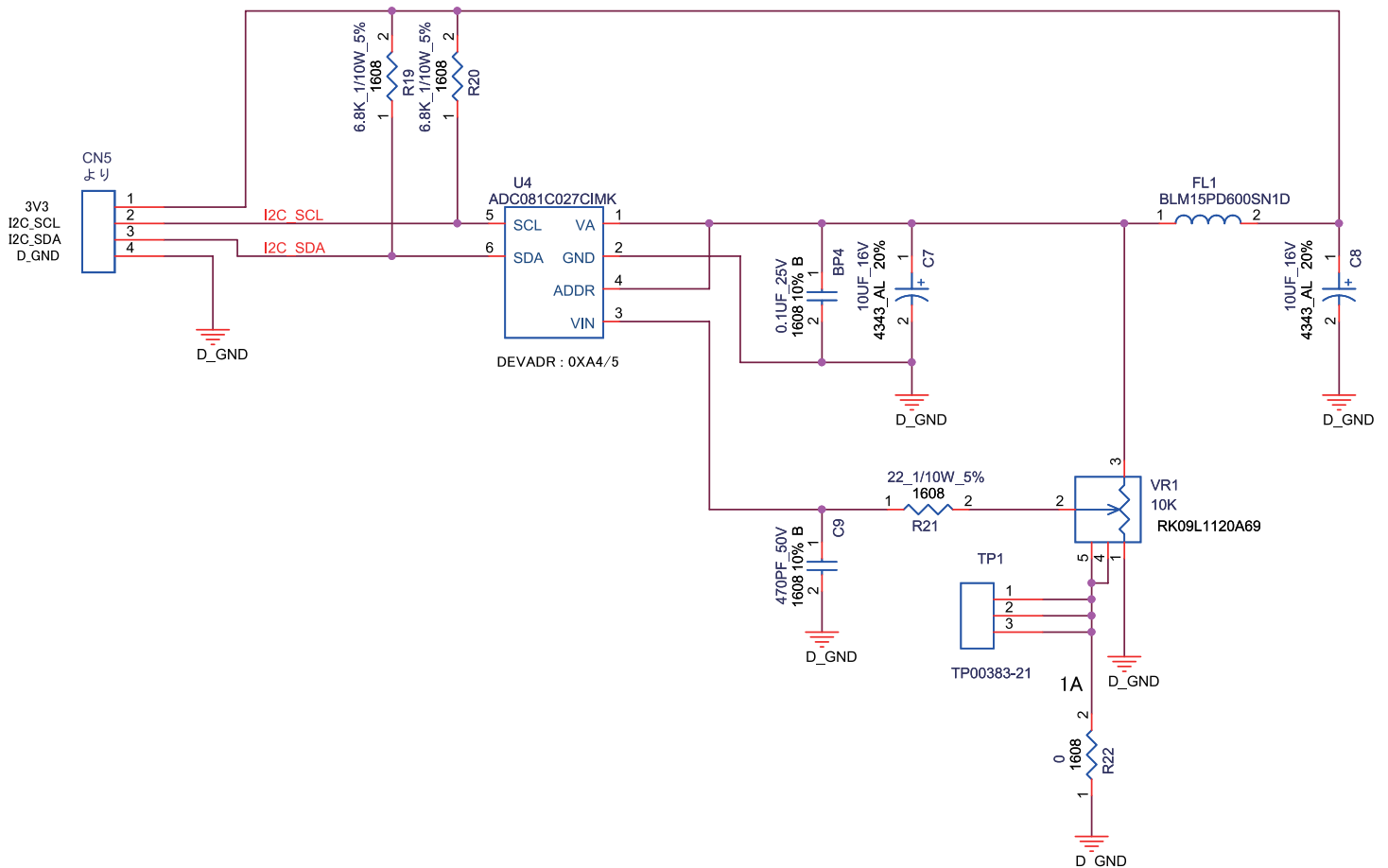
USB : USB Audio Stream 受信開始時に ON、Stream が解除されると OFF になります。

DSD : DoP フォーマットによる DSD Audio Stream 受信時に ON。同時に 176.4kHz も ON になります。
(DSD64 が 24bit/176.4kHz にオーバーラップされるため)

Rb ：外部クロック (10MHz のルビジウムクロック) で動作中であることを示す。外部クロックが与えられている状態で DAIF_DSD2 の電源が ON にされた場合に点灯します。一旦点灯すると外部クロックが停止しても、DAIF_DSD2 の電源が OFF にされるまで点灯し続けるので注意してください。

図 -6　LED 表示回路例

7 I2C によるボリュームコントロールについて

本基板に搭載されている標準ファームウェアには、I2C Bus(CN5) を使用して A/D コンバーターを制御する機能が含まれています。13 ページ図 -5 のように I2C 対応の A/D コンバーター (NS の AD0081C027) を使用して Volume(10k Ω　A カーブ) の回転角に応じた抵抗値を読み取り、プログラマブルゲインアンプ (PGA2320) のゲインをコントロールする機能を持っています。PGA2320 は SPI Bus(CN6) で制御しますが、PGA2320 の SPI(デジタル制御入力端子) 端子は 5V レベルで CN6 の 3.3.V レベルの SPI 端子に接続するためには 3.3V->5V のレベルシフト回路が必要です。参考回路例は図 -7 です。

図 -7　ボリュームコントロール回路例

8 外部クロック入力 (BNC) について

外部にルビジウムクロックなどを接続してクロックを本基板に供給しながら電源を ON にすると、外部クロックを基準としてオーディオ用の Master Clock を作成します。外部クロック信号の入力レベルは標準に準拠した入力インピーダンス 50 Ω、0.5Vrms、10MHz の Sin 波です。ルビジウムクロックとの接続にはインピーダンスが 50 Ωの同軸ケーブルを使用してください。Digital Audio(S/PDIF) 用の同軸ケーブル (インピーダンスが 75 Ω) は使用できませんので注意してください。

9 基板外形 / 取付寸法

本基板の外形寸法は図 -8 をご参照ください。基板の取付は 4 隅の 3.5 φ穴を使用してください。DGND とフレーム GND(FGND) を接続する場合は、基板取付時に TP1/TP2/TP3 を折り曲げて 3M ネジで共締めしてください。ケースに組み込む場合、リアパネルには USB-B コネクタの角穴と外部ルビジウムクロック接続用の BNC コネクタの穴が必要です。穴あけ寸法は図 -8 をご参照ください。

図 -8　穴あけ寸法図

10 REX-K24192DSDU 基板回路図

11 Windows PC/Mac との接続、音楽の再生について

本項に関しては別冊のユーザーズマニュアル ソフトウェア編をご参照ください。

11 -1. Windows PC への接続

Windows PC(8/7/Vista/XP) に接続して使用する場合、最初に一度だけ USB Audio Class 2 ドライバーのインストールが必要です。インストールの方法については別冊のユーザーズマニュアル ソフトウェア編をご参照ください。

11 -2. Mac(MAC OS X 10.7 以降) への接続

Mac (Mac mini, iMac, Mac Book など Mac OS X 10.7 以降) に接続して使用する場合、Mac OS X のバージョンが 10.7 以降であることを確認してください。この場合は USB Audio Class 2 ドライバーのインストールが不要です。DAIF_DSD2 は接続するだけで USB Audio Device(REX-K24192DSDU) として認識されます。システム環境設定および Audio MIDI 設定で Audio 出力デバイスとして設定すれば iTunes や Audirvana などの音楽再生ソフトウェアが使用できます。詳しくは 別冊のユーザーズマニュアル ソフトウェア編をご参照ください。

11 -3. 音楽の再生

別冊のユーザーズマニュアル　ソフトウェア編をご参照ください。

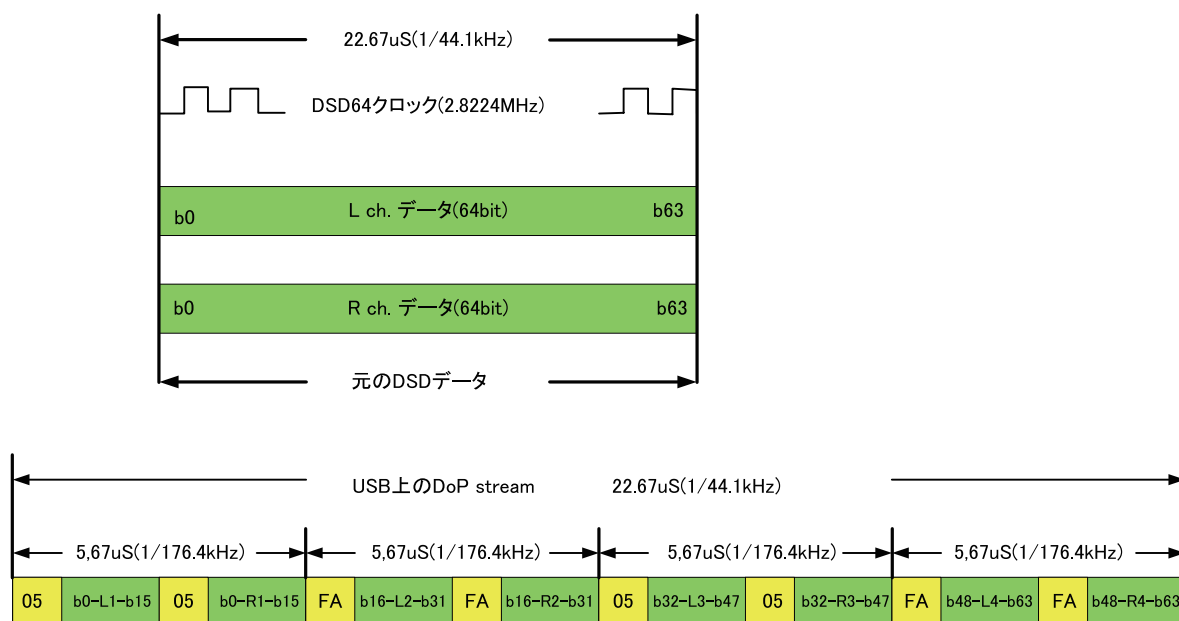
11 -4. DSD 音源の再生

別冊のユーザーズマニュアル　ソフトウェア編をご参照ください。

Appendix　A.

A -1. DoP フォーマットについて

本基板の標準ファームウェアは DoP(DSD over PCM) フォーマットに準拠しており、USB Host (Windows PC/Mac) から送られてくる DSD Stream を元の DSD Stream にリアルタイムで変換しながら DSD 再生機能を持つ DAC に送りこんでいます。いわゆる DSD Native 再生を実行することができます。DoP format とは元々英国の D/A コンバーターベンダー (dcs) が考えていた方式に賛同する人達が集まり、Playback design の Andrea Cotch 氏がまとめ役となって作成した Open Standard です。その内容は SACD で使用されている DSD64(2.8224MHz サンプリング) の DSD データを 16bit ずつに分解して 8bit のマーカ (0x05,0xfa) を b23..b16 に付加し、全体を 24bit/176.4kHz の PCM データに擬装させて USB Audio Class driver を通過させようというものです。

図 -A　DoP フォーマット

上の図 -A をご参照ください。図の上部は元の DSD データの format です。44.1kHz の 64 倍 (2.8224MHz) でサンプリングされたデータが、1/44.1kHz の期間内に L/R それぞれ 64bit サンプリングされています。b0 は一番最初にサンプリングされた (古い) データで、サンプリング時刻は b0->b63 の方向に進んでいます。DSF や DSDIFF 形式のファイルには、これらのデータが時系列にそって記録されています。クロック情報 (サンプリング周波数) はヘッダ部やメタデータ部に 2.8224MHz あるいは 5.6448MHz という情報として含まれています。foobar2000、JRiver Media Center、JPLAY、Audirvana Plus などの音楽再生ソフトのプラグインやコンポーネントは再生を指示されたファイルのヘッダを見て DSDF や DSIFF であれば、上の図のようにせっせと 16bit ずつ取り出してマーカ (0x05 もしくは 0xfa) を付加して 24bit の PCM データを作成し、USB Audio Class Driver に渡すということを続けます。DSD-DAC は L/R それぞれ独立した信号線を持っていますが、USB の信号線は一組しかありませんので L/R の順番に 24bit の単位データを直列に並べなければなりません。1/44.1kHz 分に相当する 128bit のデータを 16bit ずつ 8 個に分割して、それぞれに 8bit のマーカを付加しなければなりません。そうすると図 -A のように 24bit/176.4kHz の PCM データができあがります。DoP フォーマットではこのような方法で USB Audio Driver を " 騙して "DSD データを USB-DAC に送り込んでいます。

USB DAC のプロセッサは、EP(エンドポイント、受信バッファ) に入っている 24bit/176kHz の PCM stream を取り出して上位 8bit をチェックし、マーカが続いているようだったら DAC を DSD モードに切り替えます。そしてマーカを削除して時系列順に DSD データを L/R それぞれにつなぎ合わせ、BCLK64 に同期させて DAC に送り込みます。Windows PC/Mac 上の DSD データそのものにクロックが埋め込まれているわけではなく、USB Bus 上の伝送でもサンプリングレート (DAC の動作クロックに関係します) は一切含まれていませんので、「PC から汚れたクロックが来る」という評論家や老舗オーディオメーカーが喧伝しているようなことはありません。また、ASYNC、ADAPTIVE に関係なく DSD64 クロックは USB-DAC 側で生成されています。本基板 Kit の場合は外部から入力されたルビジウムクロック、もしくは基板上の水晶発振モジュールから生成された DSD64 クロックを DAC に送り込んでいます。

A -2. そもそもなぜ DoP フォーマットが考えだされたのか

USB Audio の規格では、Audio Data Stream に関して Audio Class Interface Descriptor でフォーマットやサンプリングレート (Class 2 では別の descriptor で記述するよう変更されましたが) を記述するように決められています。Interface Type というフィールドに L-PCM であれば 0、Dolby5.1 であれば 2 を記述することが決められています。HDMI の EDID(CEA 拡張部) の Descriptor のように DSD(SACD) の場合は 3、サンプリングレートは 2822400(0x0354c0) と記述するように決められていれば DoP format は不要だったのですが、SACD(DSD stream) のコンテンツ保護の観点から USB Audio Class の Descriptor には、DSD が追加されませんでした。HDMI(HDCP で保護されています) や iLink(IEEE1394。SACD Player で装備しているものもあります) のように USB Audio は DRM(デジタルコンテンツ権利保護) の仕組みがないため、DSD の追加が認められませんでした。そのため、何とか現行の USB Audio Class Driver という枠組み (Frame work) をすり抜ける方法として DoP format が考えだされました。

これに対し ASIO Native という方法を使用しているベンダーもあります。しかし、ASIO ドライバーで USB 上に DSD Stream を流すという方式は Steinberg という会社のプライベートな方式であって、DoP のような Open Standard ではありません。ASIO native 方式は USB Audio Spec. で規定されている Interface Descriptor とは無縁ですので、USB DAC（Device) 側に「これから PCM Stream ではなく DSD Stream を送るよ」という通知を、USB Audio Class で規定されている Set Interface Request ではなく Vendor Unique(ベンダー独自のコマンド) で USB-DAC に送ってモードを切り替えさせておく必要があります。この Vendor Unique Command に対応するためには、Windows や Mac OS に標準でバンドルされている USB Audio Class Driver が使用できないため、独自の USB オーディオドライバーをインストールして使用する必要があります。また foobar2000 や JRiver Media Center、Audirvana Plus などの音楽再生ソフトも、DSF や DSIFF ファイルを読み出して独自のフォーマットで USB Audio Driver に渡さなければなりませんので、独自のプラグインを用意するか、独自の音楽再生ソフトを使用しなければなりません。

DoP fromat に対応した USB-DAC は PCM->DSD 切り替え時に大きなポップ音 (ドンという音) を発生させるので、機器を壊す恐れがあるということがインターネット上などで言われています。発信元は DoP を採用していない USB-DAC ベンダーやミューティングリレーをカチャカチャと動作させてこのポップ音を回避している USB-DAC ベンダー、一部の評論家からこういう意見が出され、その意見を実体験もないまま丸写しで自分の Blog や投稿にコピーペーストしている人達が大勢います。
海外製のポップ対応 USB-DAC の初期の製品では PCM->DSD 切り替え時に " ドン " という大きなポップ音が出ていたようですが、現在はファームウェアのアップデートで PoP 音が出なくなっているようです。そもそも、なぜ大きなポップ音が出るでしょうか？ Windows や Mac OS X などの USB Audio Driver や foobar2000、iTunes などの音楽再生ソフトはオーディオデバイスが PCM データ対応である場合に PCM で無音を意味する “0x000000(0x は 16 進数表現を示しています)” というデータを出力します。例えば楽曲と楽曲の間や、楽曲のリード部、演奏終了時などの再生時にこの null データ (0x000000) を連続して送り出してきます。また WAV ファイルなどの PCM データのファイルの場合には先頭部や最後のパディング部にこの null データが詰められていることがあります。また、Windows ではコントロールパネルで USB DAC を標準オーディオデバイスに設定している場合や、mail 着信音などのシステムメッセージ音の出力先を USB-DAC に設定している場合にも、この null データが送られてきます。Mac OS の場合も Audio MIDI 設定で設定値を変更した場合や、デバイスを OPEN した場合などにも送り出されてきます。D/A コンバーターが PCM モードの場合にはこの null データが送られてきても無音のままですが、D/A コンバーターが DSD モードにある時にこの null データが送られてくると大きなポップ音 (ドンという音) が発生します。したがって、DAC が DSD モードにある時にこの null を DAC にパスしないようにすれば、ポップ音を防ぐことができるということになります。null を検出したら DAC に Mute コマンドを送るという方法もありますが、ソフトウェアによるコマンド発行ではタイミング的に間に合いませんし、GPIO によるハードウェアで DAC の Mute 入力端子 (ハードウェア) を操作するという方法もありますが、DAC の Mute は PCM モードにしか有効ではないので DAC が DSD モードで動作中は “ 空振り ” に終わります。RAL シリーズなどの X-MOS によるファームウェアではたった数行の code(プログラムのステップ) を追加するだけでこのポップ音をなくすることができます。それは DAC が DSD モードにある時に渡された null データを DSD の無音 (正確には 0dB) のデータにすり替えて DAC に渡せばよいだけです。JRiver Media Center や JPLAY などの最新バージョンでも同じようなことをおこなっていて、DSF ファイルの演奏が続く場合には曲間では null を送ってこないで DSD の無音データにマーカーを付加して送ってくるような PoP 音回避策が取られています。しかしながらリレーによるミューティングでは、null を検出してからリレーの接点が動作するまでタイムラグ (10mS) があります。10mS の間には null データが 441 個も DAC に送られてしまうことになりますので、リレーで回避するのはタイミング制御が大変で曲の先頭部や最後の部分が欠落したり、間に合わずにドンと鳴ってしまうことがあると思います。本 Kit のファームウェアでは特別な回路を外部に付加する必要もなく、ポップ音を回避することができます。ただし、使用する DAC によっては、プチッという切り替え時の小さなノイズが聞こえる場合があります。